



DEMOCRATIC AND POPULAR ALGERIAN REPUBLIC
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGHER EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف
CHADLI BENDJEDID EL TARF UNIVERSITY
كلية علوم الطبيعة والحياة
FACULTY OF NATURE AND LIFE SCIENCES
قسم : biologie



Mémoire de Fin d'Études
Présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master en

«BIODIVERSITE ET ENVIRONNEMENT»

Thème

Inventaire de la Flore Rupicole dans
Certains Sites de la Région de Bouhadjar

Par :

SAAD BEKHOUCHE MAROUA

NOUR EL YAKINE BELHACENE

Membre de jury

Présidente: DrAmoura mounia. Université Chadli Bendjedid. Faculté SNV. Département de Biologie

Examinatrice: Pr Lazli Amel. Université Chadli Bendjedid. Faculté SNV. Département de Biologie

Encadreur. Dr Louhi Haou Sihem. Université Chadli Bendjedid. Faculté SNV. Département de Biologie

Année Universitaire : 2025/2026

جامعة الشاذلي بن جديد الطارف ص-ب رقم 37 الطارف- 70333 الجزائر
Université Chadli Bendjedid. BP : 73, El Tarf 36000 Algérie
Téléphone : +213 38 60 09 43 Fax : +213 38 60 14 17 :+213
38 60 18 93 : الهاتف http://www. univ-eltarf.dz

Abstract :

This study focuses on the inventory and analysis of rupicolous vegetation in the mountainous region of Bouhadjar (Northeastern Algeria). The objective is to characterize the floristic diversity of these specific rocky environments. A systematic inventory methodology was applied across several sites, complemented by the calculation of diversity indices (Shannon, Evenness) and the analysis of biological and taxonomic spectra. Data processing using Correspondence Analysis (CA) identified the main plant groupings and highlighted the ecological factors (altitude, exposure, substrate) structuring species distribution. The results underscore the biological uniqueness of this flora and the importance of these rock faces as biodiversity refuges.

Résumé:

Cette étude porte sur l'inventaire et l'analyse de la végétation rupicole dans la zone montagneuse de Bouhadjar (Nord-Est de l'Algérie). L'objectif est de caractériser la diversité floristique de ces milieux rocheux particuliers. Une méthodologie d'inventaire systématique a été appliquée sur plusieurs sites, complétée par le calcul des indices de diversité (Shannon, Équitabilité) et l'analyse des spectres biologiques et taxonomiques. Le traitement des données par Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a permis d'identifier les principaux groupements végétaux et de mettre en évidence les facteurs écologiques (altitude, exposition, substrat) qui structurent la distribution des espèces. Les résultats soulignent l'originalité biologique de cette flore et l'importance de ces parois rocheuses comme refuges de biodiversité.

ملخص:

تتناول هذه الدراسة جرد وتحليل الغطاء النباتي الصخري في المنطقة الجبلية لبوحجار (شمال شرق الجزائر). وتهدف إلى توصيف التنوع النباتي لهذه الأوساط الصخرية الخاصة. تم تطبيق منهجية جرد منهجية على عدة مواقع، مع استكمالها بحساب مؤشرات التنوع (شانون، والتكافؤ) وتحليل الأطياف البيولوجية والتصنيفية. كما سمحت معالجة البيانات بواسطة التحليل العائلي للمراسلات (AFC) بتحديد أهم التجمعات النباتية وإبراز العوامل البيئية (الارتفاع، التعرض، وطبيعة الركيزة) التي تتحكم في توزيع الأنواع النباتية. وتبرز النتائج الخصوصية البيولوجية لهذه النباتات وأهمية الجروف الصخرية باعتبارها ملاجئ للتنوع البيولوجي.

Remerciements :

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu avant tout de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience nécessaires pour atteindre notre objectif.

Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice, **Dr Haou Sihem**, pour sa patience, sa disponibilité, son accompagnement ainsi que ses précieux conseils qui ont grandement contribué à l'élaboration de ce travail. Ses orientations scientifiques et ses encouragements constants nous ont permis d'enrichir notre réflexion et de mener cette étude dans les meilleures conditions.

Nous adressons également nos sincères remerciements à l'ensemble des enseignants de notre formation pour la qualité de leur enseignement et les connaissances qu'ils nous ont transmises tout au long de notre parcours universitaire.

Notre gratitude va aussi à **Pr Lazli Amal** et **Dr Amoura mounia** pour avoir accepté d'examiner ce travail et de faire partie du jury. Nous leur exprimons notre profond respect et nos remerciements pour l'intérêt porté à cette étude.

DÉDICACE :

« SI LE DÉBUT DU CHEMIN EST LA DOULEUR, SA FIN EST LA RÉALISATION D'UN RÊVE. ET SI LE PREMIER PAS EST UNE LARME, SA FIN EST UN SOURIRE. »

JE TIENS AVEC GRANDE PLAISIR DÉDIER CE MODESTE TRAVAILLE :
À MOI-MÊME, QUI A TRAVAILLÉ DUR ET PERSÉVÉRÉ TOUT AU LONG DE CETTE ÉTAPE, GRÂCE À DIEU, PUIS GRÂCE À MA DÉTERMINATION ET MA FORTE VOLONTÉ, J'AI PU ATTEINDRE CET OBJECTIF.

À MON CHER PÈRE HASSAN, SOURCE DE SÉCURITÉ ET DE SOUTIEN DISCRET,
L'HOMME QUI DONNE SANS DIRE UN MOT, ET À MA MERVEILLEUSE MÈRE ZAKYA,
DONT LE CŒUR EST UNE PRIÈRE, LA PRÉSENCE UNE MISÉRICORDE, ET LE SOUTIEN
IRREMPLOÇABLE,

VOUS AVEZ ÉTÉ MON VÉRITABLE PILIER DANS UN VOYAGE QUI A FAILLI ÉPUISER
MON ÂME...

QU'ALLAH VOUS RÉCOMPENSE POUR TOUT.

À MON CHER FIANCÉ HOUSSAM, TU AS ÉTÉ MON SOUTIEN DANS LES MOMENTS DE
FATIGUE, ET UNE PRÉSENCE QUI A ALLÉGÉ LE POIDS DE CE CHEMIN.

TA PRÉSENCE À MES CÔTÉS M'A APPORTÉ UNE SÉRÉNITÉ ET UNE FORCE
PRÉCIEUSES POUR AVANCER. MERCI POUR TON ATTENTION, TON SOUTIEN ET TA
PATIENCE.

JE PRIE ALLAH DE TE GARDER DANS MA VIE COMME UNE BÉNÉDICTION, ET DE
NOUS ACCORDER LE MEILLEUR POUR L'AVENIR.

À MES CHÈRES SCEURS : HANA, RACHIDA, NADIA, ET À MES CHERS FRÈRES :

FARID, BILAL, ZOHEIR,

VOUS AVEZ ÉTÉ MA FAMILLE-AILE... QUI M'ENVELOPPE, ME SOULÈVE, ET ME
PROTÈGE.

MERCI POUR VOTRE PRÉSENCE À CHAQUE ÉTAPE DE CE CHEMIN.

À MES NEVEUX ET NIÈCES, VOS SOURIRES ONT ÉTÉ MA LUMIÈRE DANS LES
MOMENTS SOMBRES.

À MES MERVEILLEUSES AMIES : RIM , DONYA , VOUS AVEZ ÉTÉ LES ÉCLATS DE
DOUCEUR SUR UN CHEMIN DIFFICILE.

À MA CHÈRE CAMARADE NOUR POUR AVOIR TRAVAILLÉ AVEC MOI SUR CE
RAPPORT

À MON ENCADREURE : MADAME HAOU SIHEM POUR SES EFFORTS ET SON
SOUTIEN .

QU'ALLAH VOUS RÉCOMPENSE POUR TOUT LE SAVOIR, LE SOUTIEN ET
L'ENCOURAGEMENT QUE VOUS NOUS AVEZ OFFERTS.

ENFIN...

À TOUS CEUX QUI ONT CRU EN MOI, NE SERAIT-CE QU'UN INSTANT,
CE TRAVAIL EST POUR VOUS, ET GRÂCE À VOUS.

ET MON SUCCÈS NE VIENT QUE D'ALLAH. EN LUI JE PLACE MA CONFIANCE, ET À
LUI JE ME REMETS.

MAROUA

APRÈS DES ANNÉES DE TRAVAIL ACHARNÉ, DE PATIENCE ET DE POURSUITE DE
CE RÊVE, J'ARRIVÉ AUJOURD'HUI À UN MOMENT QUE J'AI LONGTEMPS ATTENDU
AVEC UNE GRANDE FIERTÉ.

UN PARCOURS QUI N'A PAS TOUJOURS ÉTÉ FACILE, MAIS QUI M'A APPRIS QUE LA
VOLONTÉ PEUT DÉPASSER TOUTES LES DIFFICULTÉS, ET QUE LE SUCCÈS NAÎT DE
LA FATIGUE ET DES TENTATIVES RÉPÉTÉES.

AVANT DE DÉDIER CE TRAVAIL À QUI QUE CE SOIT, JE ME LE DÉDIE À MOI-MÊME...
À CETTE FILLE QUI A AFFRONTÉ LES PRESSIONS EN SILENCE, QUI A CONTINUÉ
MALGRÉ LA FATIGUE, ET QUI A CRU QUE CHAQUE EFFORT A UNE FIN DIGNE DE
LUI.

À MOI-MÊME QUI N'A JAMAIS ABANDONNÉ, JE DIS : JE L'AI FAIT.

PUIS JE DÉDIE CETTE RÉUSSITE À LA PLUS GRANDE BÉNÉDICTION QUE DIEU M'A
OFFERTE...

À MA CHÈRE MAMAN, HASSNIA

À TOI PRÉCISÉMENT, CAR LES MOTS RESTENT INCAPABLES DE DÉCRIRE TOUT CE
QUE TU M'AS DONNÉ DURANT MA VIE.

TU AS ÉTÉ LE REFUGE SÛR, LA PRIÈRE QUI M'ACCOMPAGNE À CHAQUE PAS, ET LE
CŒUR QUI M'A DONNÉ LA FORCE CHAQUE FOIS QUE JE ME SUIS SENTIE FAIBLE.
DE TOI J'AI APPRIS LA PATIENCE, DE TES YEUX J'AI PUISÉ L'ESPOIR, ET GRÂCE À
TOI J'AI ATTEINT CE MOMENT.

CE SUCCÈS PORTE TON NOM AUTANT QUE LE MIEN, CAR TU AS TOUJOURS ÉTÉ LE
VÉRITABLE SOUTIEN DERRIÈRE CHAQUE PAS QUE J'AI FAIT.
JE PRIE DIEU DE TE PROTÉGER, DE TE DONNER SANTÉ ET BONHEUR, CAR TU ES LA
PLUS BELLE CHOSE QUE JE POSSÈDE DANS CETTE VIE.

À MON CHER PÈRE, KAMEL,
À L'HOMME QUI A TOUJOURS ÉTÉ UN SOUTIEN ET UNE SOURCE DE CALME DANS MA
VIE,
MERCİ POUR TES EFFORTS, TON SOUTIEN SILENCIEUX ET TON SOUCI CONSTANT DE
NOUS VOIR ATTEINDRE LES MEILLEURS RANGS.
TA PRÉSENCE A ÉTÉ POUR MOI UNE SOURCE DE SÉCURITÉ ET DE FORCE À CHAQUE
ÉTAPE DE MA VIE, ET TA VALEUR EST IMMENSE ET INOUBLIABLE.

À MES FRÈRES HAMZA ET ZINE EDDINE,
À VOTRE RIRE QUI A ALLÉGÉ TANT DE FATIGUE, ET À VOTRE PRÉSENCE QUI A
TOUJOURS SEMÉ EN MOI LA FORCE ET LA PERSÉVÉRANCE,
MERCİ POUR VOTRE AMOUR SINCÈRE ET POUR TOUS LES BEAUX MOMENTS QUE
NOUS AVONS PARTAGÉS, ET POUR CHAQUE MOMENT DE SOUTIEN QUE J'AI
RESSENTI DE VOTRE PART SANS BEAUCOUP DE MOTS.

ET J'ADRESSE MES SINCÈRES REMERCIEMENTS À MON ENCADREUSE, MME HOU
SEHAM,
POUR SES ORIENTATIONS, SA PATIENCE ET SON ACCOMPAGNEMENT PRÉCIEUX
TOUT AU LONG DE LA RÉALISATION DE CE TRAVAIL.

JE REMERCIE ÉGALEMENT MA BINÔME MARWÁ,
QUI A PARTAGÉ AVEC MOI CETTE EXPÉRIENCE DANS TOUS SES DÉTAILS ET SES
SOUVENIRS.

JE N'OUBLIE PAS LE PUBLIC PRÉSENT COMPOSÉ DE FAMILLE, PROCHES, AMIS ET
INVITÉS,
MERCİ D'AVOIR PARTAGÉ AVEC MOI CE MOMENT SPÉCIAL QUI REPRÉSENTE LE
FRUIT DE PLUSIEURS ANNÉES DE TRAVAIL ET D'ESPOIR.

ENFIN, CE TRAVAIL N'EST PAS SEULEMENT UN MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES, MAIS
UNE HISTOIRE DE FATIGUE QUI S'EST TERMINÉE PAR FIERTÉ ET RÉUSSITE.

NOUR EL YAKIN

Liste des figures :

Figure 1.....	5
Figure 2.....	6
Figure 3.....	9
Figure 4.....	11
Figure 5.....	12
Figure 6.....	14
Figure 7.....	15
Figure 8.....	16
Figure 9.....	20
Figure 10.....	21
Figure 11.....	23
Figure 12.....	25

Liste des tableaux :

Tableau 1.....	13
Tableau 2.....	21

Sommaire :

ABSTRACT	
RESUME	
ملخص	
REMERCIEMENTS	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Sommaire

I. INTRODUCTION.....	1
II. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	4
1. Généralités sur la phytoécologie	4
1.1. Définition et importance de la phytoécologie.....	4
2. Les milieux rupicoles	4
2.1. Définition de la végétation rupicole	4
2.2. Caractéristiques écologiques des habitats rocheux.....	4
2.3. Adaptations des espèces rupicoles.....	5
3. Aperçu sur la flore locale	7
3.1. Caractéristiques générales de la flore	7
3.2. Diversité floristique de la région de Bouhadjar.....	7
3.3. Importance écologique des espèces rupicoles	7
III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	8
1. Situation géographique de la région de Bouhadjar.....	8
2. Présentation des stations d'étude.....	8
2.1. Station d'El Aneb	8

2.2. Station d'El Zetouna.....	9
3. Caractéristiques climatiques.....	10
3.1. Température.....	10
3.2. Précipitations.....	10
3.3. Vent et aridité.....	10
4. Géologie et géomorphologie.....	10
4.1. Types de roches.....	10
4.2. Relief et formations rocheuses.....	11
5. Sols et hydrologie.....	12
5.1. Nature des sols.....	12
5.2. Disponibilité en eau.....	12
IV. Matériel et méthodes.....	13
1. Objectif de l'étude.....	13
2. Approche méthodologique.....	13
3. Choix et localisation des stations.....	13
4. Dispositif d'échantillonnage.....	14
4.1. Type d'échantillonnage.....	14
4.2. Surface des relevés.....	14
4.3. Nombre de relevés.....	14
5. Collecte des données floristiques.....	15
5.1. Relevés de terrain.....	15
5.2. Identification des espèces.....	16
6. Traitement et analyse des données.....	16
6.1. Analyse floristique.....	16
6.2. Analyse de la distribution spatiale.....	16
6.3. Indices écologiques.....	17
6.4. Analyse des types biologiques.....	17
6.5. Traitement statistique.....	18
V. RESULTATS ET INTERPRETATION.....	19
1. Structure floristique.....	19
1.1. Interprétation des Types Biologiques (Spectre Biologique).....	19
1.2. Pourcentage et Diversité des Familles.....	20
1.3. DISPERSION SPATIAL E DE LA FLORE.....	21
2. Diversité taxonomique de la région d'étude.....	23

3. Analyse de la composition végétale (AFC).....	24
4. DISCUSSION	26
VI. Conclusion.....	27



INTRODUCTION

I. INTRODUCTION

La végétation constitue un élément fondamental des écosystèmes terrestres, jouant un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre écologique, la protection des sols et la régulation des cycles biogéochimiques. Parmi les différents types de formations végétales, la végétation rupicole occupe une place particulière en raison de son adaptation à des milieux extrêmes caractérisés par la dominance du substrat rocheux. Ces milieux, souvent considérés comme hostiles à la vie végétale, abritent néanmoins une flore spécifique capable de survivre dans des conditions écologiques contraignantes (**Quézel, 2000**).

Les habitats rupicoles se distinguent par des caractéristiques environnementales très sévères, notamment une faible disponibilité en eau, une pauvreté en éléments nutritifs, une forte exposition aux facteurs climatiques tels que le vent et les variations thermiques, ainsi qu'une instabilité mécanique du substrat. Dans ces conditions, seules certaines espèces végétales spécialisées parviennent à s'installer et à se développer. Ces espèces, appelées plantes rupicoles, présentent des adaptations morphologiques, anatomiques et physiologiques remarquables leur permettant de faire face au stress hydrique et aux contraintes édaphiques (**Larson et al., 2000 ; Médail & Quézel, 1997**).

L'étude de la végétation rupicole s'inscrit dans le domaine de la phytoécologie, qui analyse les relations entre les plantes et leur environnement. Cette discipline permet de comprendre les mécanismes d'adaptation des espèces végétales et d'expliquer leur distribution dans différents milieux naturels (**Daget & Godron, 1982**). Elle constitue ainsi un outil essentiel pour l'étude des stratégies adaptatives des plantes face aux contraintes écologiques.

La région nord de l'Algérie est reconnue pour sa richesse biologique et la diversité de ses milieux naturels. Elle présente une grande variabilité écologique liée à la diversité du relief, des sols et des conditions climatiques (**Quézel & Santa, 1963**). En Algérie, cette diversité est particulièrement marquée dans les zones montagneuses et les régions à relief accidenté, où les formations rocheuses offrent des niches écologiques variées favorisant le développement d'une flore spécialisée.

La région de Bouhadjar, située dans le nord-est de l'Algérie, fait partie de ces zones présentant une diversité écologique notable. Elle se caractérise par un relief varié, une



mosaïque d'habitats naturels et des conditions climatiques contrastées. Les stations d'El Aneb et d'El Zetouna, qui appartiennent à cette région, offrent des conditions propices à l'installation de la végétation rupicole grâce à la présence de formations rocheuses diversifiées et à des microclimats spécifiques, souvent marqués par l'influence géologique du grès de Numidie (**De Bélair, 2005**).

Malgré l'importance écologique de ces milieux, les études portant sur la végétation rupicole dans la région de Bouhadjar restent relativement limitées. La majorité des travaux réalisés en Algérie se concentrent sur les formations forestières (**Meddour, 2010**) ou steppiques, laissant ainsi un déficit de connaissances concernant les habitats rocheux et les espèces qui y sont associées. Cette situation souligne la nécessité de mener des études approfondies afin de mieux comprendre la composition floristique et le fonctionnement écologique de ces milieux.

Dans ce contexte, le présent travail s'inscrit dans une démarche d'inventaire et d'analyse de la végétation rupicole dans deux stations représentatives de la région de Bouhadjar, à savoir El Aneb et El Zetouna. L'objectif principal est de recenser les espèces végétales présentes dans ces milieux, d'identifier leurs caractéristiques écologiques et d'analyser leur distribution en fonction des facteurs environnementaux (**Braun-Blanquet, 1964**).

La problématique de cette étude peut être formulée de la manière suivante : quelle est la composition floristique de la végétation rupicole dans les stations d'El Aneb et d'El Zetouna, et dans quelle mesure les facteurs écologiques influencent-ils la structure et la répartition de cette végétation ?

Pour répondre à cette problématique, plusieurs objectifs spécifiques ont été définis. Il s'agit, dans un premier temps, de réaliser un inventaire floristique détaillé des espèces présentes dans les deux stations étudiées. Dans un second temps, l'étude vise à analyser les caractéristiques écologiques des espèces recensées, notamment leurs types biologiques (**Raunkiaer, 1934**) et leurs adaptations au milieu rocheux. Enfin, une comparaison entre les deux stations sera effectuée afin de mettre en évidence les différences éventuelles liées aux conditions environnementales.

Les hypothèses de travail qui sous-tendent cette recherche reposent sur l'idée que la végétation rupicole varie en fonction des conditions écologiques locales, notamment les facteurs climatiques, édaphiques et topographiques (**Ozenda, 1982**). Il est également supposé que les espèces présentes dans ces milieux présentent des adaptations spécifiques leur



permettant de résister aux contraintes du substrat rocheux. Enfin, il est attendu que des différences significatives apparaissent entre les deux stations étudiées en raison de la variabilité des conditions environnementales.

Au-delà de son intérêt scientifique, cette étude présente également un intérêt pratique en matière de conservation de la biodiversité. Les milieux rupicoles abritent souvent des espèces rares ou endémiques, dont la protection nécessite une connaissance approfondie de leur écologie et de leur distribution (**Vela, 2002 ; Médail & Myers, 2004**). Ainsi, les résultats de ce travail pourront contribuer à la valorisation et à la préservation des ressources naturelles de la région de Bouhadjar.

En somme, l'étude de la végétation rupicole dans les stations d'El Aneb et d'El Zetouna s'inscrit dans une perspective globale de compréhension des écosystèmes naturels et de conservation de la biodiversité. Elle vise à apporter une contribution scientifique à la connaissance des milieux rocheux en Algérie, tout en mettant en évidence l'importance écologique de ces habitats souvent négligés (**Yahi & al., 2012**).





CHAPTER 1

II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités sur la phytoécologie

1.1. Définition et importance de la phytoécologie

La phytoécologie constitue une discipline fondamentale de l'écologie végétale, dont l'objectif principal est l'étude des relations entre les plantes et leur environnement. Elle s'intéresse particulièrement à la manière dont les facteurs écologiques influencent la répartition, la structure et la dynamique des formations végétales (Daget & Godron, 1982 ; Lacoste & Salanon, 2005).

Cette discipline permet de comprendre les mécanismes d'adaptation des plantes face aux contraintes environnementales, notamment dans les milieux extrêmes comme les habitats rupicoles. Elle joue également un rôle essentiel dans l'évaluation de la biodiversité, la gestion des écosystèmes naturels et la conservation des ressources biologiques (Quézel, 2000). Elle revêt une importance particulière en raison de la variabilité des conditions climatiques et de la diversité des habitats, allant des zones humides aux milieux rocheux (Quézel & Santa, 1963).

2. Les milieux rupicoles

2.1. Définition de la végétation rupicole

La végétation rupicole désigne l'ensemble des espèces végétales qui colonisent les substrats rocheux naturels tels que les falaises, les escarpements et les affleurements rocheux. Ces plantes se développent généralement dans des fissures où s'accumulent de faibles quantités de sol (Larson & al., 2000).

On distingue classiquement (Pignatti & al., 2002) :

- **Les chasmophytes** : plantes vivant strictement dans les fissures rocheuses.
- **Les lithophytes** : plantes se développant directement à la surface de la roche (souvent des lichens et des mousses).

2.2. Caractéristiques écologiques des habitats rocheux

Les milieux rupicoles présentent des conditions écologiques extrêmes (Farris & al., 2009) :

- Faible disponibilité en eau due à l'infiltration rapide et au ruissellement.
- Sols peu développés (lithosols) ou totalement absents.
- Faible teneur en nutriments minéraux.

- Forte exposition aux rayonnements solaires et variations thermiques importantes.
- Action mécanique du vent, augmentant le stress hydrique.

Ces contraintes limitent fortement la diversité végétale et sélectionnent des espèces hautement spécialisées, souvent endémiques (**Quézel, 1964**).

2.3. Adaptations des espèces rupicoles

2.3.1. Adaptations morphologiques

Pour survivre, les plantes rupicoles ont développé des structures spécifiques (**Hegi, 1986**) :

- Systèmes racinaires puissants, profonds ou très ramifiés pour ancrer la plante et capter l'humidité interstitielle.
- Réduction de la surface foliaire et présence de cuticules épaisses (sclérophylie).
- Feuilles succulentes ou coriaces.
- Formes de croissance compactes, en coussin ou en rosettes prostrées pour limiter la prise au vent.



Figure 1 : Plante succulente rupicole (*Sedum acre*.) se développant dans une fissure rocheuse, illustrant des adaptations morphologiques à la sécheresse. . (**Saad bekhouché. M & Belhacène. N. Mai 2026**)

2.3.2. Adaptations physiologiques

Ces adaptations permettent de maintenir les fonctions vitales sous stress sévère (**Körner, 2003**) :

- Tolérance à la dessiccation (reviviscence chez certaines mousses et fougères).
- Capacité de stockage de l'eau dans les tissus (succulence).
- Réduction de l'activité métabolique en période de stress intense.
- Optimisation de la photosynthèse pour tirer profit des courtes périodes favorables.

2.3.3. Adaptations écologiques

Ces stratégies permettent le maintien des populations dans des environnements instables ou contraignants (**Grime, 2001**) :

- Cycle de vie court (annuelles/thérophytes) pour échapper à la sécheresse estivale.
- Croissance lente mais résistante (stratégie de tolérance au stress).
- Capacité de colonisation des fissures grâce à des semences anémochores (dispersées par le vent) ou zoochores (**Fenner & Thompson, 2005**).



Figure 2 : Plante rupicole (*Fedia cornucipia*), en phase de floraison sur un substrat rocheux, montrant des adaptations écologiques aux milieux extrêmes. . (**Belhacene. N. & Saad bekhouché. M. Mai 2026**)

3. Aperçu sur la flore locale

3.1. Caractéristiques générales de la flore

La flore locale est caractérisée par une diversité spécifique importante et un taux d'endémisme variable (**Quézel & Santa, 1963**). Elle est dominée par des espèces adaptées à la sécheresse estivale et aux contraintes édaphiques (sclérophylle).

Les principales formations végétales comprennent (**Quézel, 2000**) :

- Les formations forestières (suberaies et zénaies).
- Les maquis et garrigues résultant souvent de la dégradation des forêts.
- Les formations steppiques dans les zones les plus sèches.
- Les végétations rupicoles, véritables refuges de biodiversité.

3.2. Diversité floristique de la région de Bouhadjar

La région de Bouhadjar présente une richesse floristique remarquable liée à :

- La diversité des habitats (mosaïque de forêts, collines, zones agricoles, affleurements rocheux).
 - Les conditions climatiques subhumides à forte pluviométrie hivernale.
 - La présence de formations géologiques variées (dominance du Grès de Numidie).
- Cette diversité favorise la coexistence d'espèces forestières sciaphiles, herbacées héliophiles et rupicoles hautement spécialisées .

3.3. Importance écologique des espèces rupicoles

Les espèces rupicoles jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes (**Larson & al., 2000**) :

- Stabilisation des substrats rocheux par l'ancrage racinaire.
- Réduction de l'érosion superficielle.
- Contribution à la biodiversité globale (niches écologiques uniques).

- Création de micro-habitats pour la microfaune et les insectes pollinisateurs.

Elles constituent également des indicateurs écologiques précieux (bio-indicateurs) pour évaluer l'état de conservation et l'originalité biogéographique des milieux naturels (**Yahi & al., 2012**).



CHAPTER 2

III. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

1. Situation géographique de la région de Bouhadjar

La région de Bouhadjar est située dans le nord-est de l'Algérie, au sein de la wilaya d'El Tarf. Elle appartient au grand ensemble biogéographique de la Numidie orientale (**De Bélair, 2005**). Elle constitue une zone rurale et administrative importante, caractérisée par une richesse écologique notable et une diversité de paysages naturels.

La commune de Bouhadjar est le chef-lieu de la daïra du même nom. Elle joue un rôle stratégique dans la région en assurant des fonctions administratives, économiques et agricoles pour les localités environnantes. Sa position géographique lui confère également un rôle de liaison entre les zones côtières et les régions intérieures du Tell oriental (**Marre, 1992**).

Sur le plan administratif, Bouhadjar est limitée :

- Au nord par la wilaya d'Annaba.
- À l'est par la commune d'El Tarf et le complexe humide du Parc National d'El Kala (**Kadi-Hanifi, 2003**).
- Au sud par la wilaya de Souk Ahras.
- À l'ouest par la wilaya de Guelma.

Cette situation géographique favorise une diversité écologique importante, liée à l'influence combinée des facteurs climatiques subhumides, des reliefs montagneux et d'une géologie dominée par les formations du flysch numidien (**Raoult, 1974**).

2. Présentation des stations d'étude

Dans le cadre de cette étude, deux stations représentatives ont été choisies au niveau de la région de Bouhadjar : El Aneb et El Zetouna.

2.1. Station d'El Aneb

La station d'El Aneb se caractérise par la présence de formations rocheuses relativement développées, associées à une couverture végétale naturelle diversifiée. Elle présente un relief modérément accidenté, favorable à l'installation de plantes rupicoles.

Les conditions écologiques de cette station, notamment l'exposition au soleil et la nature du substrat siliceux (grès), influencent fortement la composition floristique (**Vela, 2002**). On y

observe généralement une végétation adaptée aux contraintes hydriques et aux sols peu développés de type lithosols ou rankers (Duchaufour, 1997).



Figure 3 : Végétation rupicole sur substrat rocheux (Gré de Numidie) dans la station d'El Aneb. (Belhacene. N. & Saad bekhouché. M. Mai 2026)

2.2. Station d'El Zetouna

La station d'El Zetouna présente également un intérêt écologique particulier. Elle se distingue par une combinaison de zones rocheuses et d'espaces plus ou moins ouverts, ce qui favorise une diversité d'espèces végétales. Cette station illustre souvent la transition entre les milieux forestiers fermés et les milieux rupicoles ouverts, créant une structure en mosaïque riche en biodiversité (Meddour, 2010).

Cette station est caractérisée par :

- Une variabilité topographique.
- Une influence agricole modérée.
- Une diversité de micro-habitats.

Ces caractéristiques permettent l'installation de différents types de végétation, y compris des espèces rupicoles adaptées aux conditions locales, favorisant ainsi une richesse spécifique élevée par effet de lisière ou d'écotone (Vela, 2002 ; Meddour, 2010).

3. Caractéristiques climatiques

Le climat de la région de Bouhadjar est de type méditerranéen, caractérisé par une alternance entre une saison humide et une saison sèche bien marquée (**Emberger, 1955**).

3.1. Température

Les températures varient selon les saisons :

- En hiver : entre 6 °C et 12 °C.
- En été : peuvent dépasser 35 °C.

Cette variation thermique, notamment les amplitudes saisonnières, influence fortement la physiologie des plantes, leur cycle de développement (phénologie) et la distribution des types biologiques (**Daget, 1977 ; Raunkiaer, 1934**).

3.2. Précipitations

La pluviométrie annuelle est relativement importante, classant la région dans l'étage bioclimatique subhumide à humide, avec des valeurs comprises entre 700 mm et 1000 mm (**De Bélair, 2005**). Les précipitations sont principalement concentrées entre l'automne et le printemps.

Cependant, leur répartition irrégulière et le ruissellement important sur les parois rocheuses constituent des facteurs limitant pour la colonisation végétale sur les substrats peu profonds (**Marre, 1992**).

3.3. Vent et aridité

La région est également soumise à l'influence des vents, qui accentuent l'évapotranspiration et contribuent à l'assèchement du sol, surtout durant la saison estivale (**Ramade, 2009**).

Le déficit hydrique est particulièrement marqué en été, période durant laquelle l'évapotranspiration potentielle dépasse largement les précipitations. Ce stress hydrique favorise les espèces résistantes à la sécheresse (sclérophylles et xérophytes), notamment les plantes rupicoles qui utilisent les fissures rocheuses comme zones de refuge humide (**Larson et al., 2000 ; Quézel, 2000**).

4. Géologie et géomorphologie

4.1. Types de roches

La région de Bouhadjar présente une diversité géologique remarquable, marquée par la

complexité de la chaîne des Maghrébides. On y rencontre principalement (**Raoult, 1974 ; Vila, 1980**) :

- **Roches calcaires** : souvent liées aux unités de la "Dorsale kabyle".
- **Roches marneuses** : constituant des terrains plus instables et sensibles à l'érosion.
- **Roches gréseuses** : dominées par le massif des Grès de Numidie (Oligocène), caractérisées par leur nature siliceuse et leur résistance à l'altération.

Ces formations géologiques influencent directement la nature physico-chimique des sols (pH, nutriments) et la distribution de la végétation, opposant souvent les flores calcicoles aux flores silicicoles (**Quézel & Santa, 1963**).

4.2. Relief et formations rocheuses

Le relief de la région est varié et accidenté, façonné par l'orogénèse alpine. Il se compose de (**Marre, 1992**) :

- Collines aux sommets arrondis ou tabulaires.
- Pentes modérées à fortes, sujettes au lessivage.
- Affleurements rocheux et parois escarpées.

Ces éléments favorisent la formation d'habitats rupicoles, offrant des niches écologiques spécifiques (fissures, vires) pour les plantes adaptées à l'absence de sol continu (**Larson et al., 2000**).



Figure 4 : Mousses et lichens en fructification colonisant les surfaces rocheuses – début de formation du sol (**Saad bekhouche. M & Belhacene. N. Avril 2026**)

5. Sols et hydrologie

5.1. Nature des sols

La pédogenèse dans la région est étroitement liée au substrat et à la topographie. Les sols sont généralement (Duchaufour, 1997 ; De Bélair, 2005) :

- Peu profonds (Lithosols et Régosols) dans les zones rocheuses et sur les fortes pentes.
- Moyennement riches en matière organique (Rankers ou sols bruns) dans les zones forestières plus protégées.
- Variables selon la topographie (caténa de sols).

Dans les milieux rupicoles, les sols sont souvent discontinus, squelettiques et pauvres en éléments minéraux, ce qui impose une sélection drastique des espèces (Ozenda, 1982).

5.2. Disponibilité en eau

La disponibilité en eau dépend principalement des précipitations et de la capacité de rétention du substrat. Dans les zones rocheuses, l'eau s'infiltrerait rapidement dans les diaclases ou ruisselle en surface, créant des conditions de sécheresse physiologique même en zone humide (Ramade, 2009).

Cette contrainte hydrique, accentuée par la faible capacité au champ des sols peu profonds, constitue un facteur déterminant dans la sélection des espèces végétales chasmophytiques (Pignatti & al., 2002).



Figure 5 : Plante rupicole (*Umbilicus rupestris*.) développée dans une fissure rocheuse illustrant l'adaptation au déficit hydrique. (Saad bekhouche. M & Belhacene. N. Avril 2026)



CHAPTER 3

IV. Matériel et méthodes

1. Objectif de l'étude

L'objectif principal de ce travail est de réaliser un inventaire floristique de la végétation rupicole dans deux stations de la région de Bouhadjar (El Aneb et El Zetouna), et d'analyser la distribution spatiale des espèces recensées en relation avec les conditions écologiques locales. Cette démarche vise à identifier les stratégies adaptatives des plantes face aux contraintes du substrat rocheux (Larson & al., 2000).

2. Approche méthodologique

Cette étude s'inscrit dans une démarche phytoécologique (Daget & Godron, 1982), combinant :

- Une approche descriptive, basée sur l'inventaire et la caractérisation taxonomique et biologique des espèces végétales (Quézel & Santa, 1963).
- Une approche analytique, visant à étudier la structure de la végétation et la répartition des espèces entre les deux stations en fonction des gradients environnementaux (Gounot, 1969).

3. Choix et localisation des stations

Deux stations ont été retenues : El Aneb et El Zetouna. Le choix de ces stations repose sur :

- La présence de formations rocheuses contrastées (milieux rupicoles).
- Leur représentativité écologique au sein du complexe géologique des Grès de Numidie Leur accessibilité pour les relevés de terrain.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des sites d'étude

	Site El Aneb	Site El Zitouna
Latitude	36°31'16.81"N	36°39'7.84"N
Longitude	8° 8'26.53"E	8°13'24.96"E



Figure. 6 . Situation de la région, zone, sites et station d'étude

4. Dispositif d'échantillonnage

4.1. Type d'échantillonnage

Un échantillonnage stratifié a été adopté afin de prendre en compte l'hétérogénéité des milieux rocheux. Cette méthode permet de diviser la zone d'étude en unités homogènes (strates) pour garantir que chaque micro-habitat soit correctement représenté (**Godron, 1971**).

4.2. Surface des relevés

Les relevés floristiques ont été réalisés sur des surfaces homogènes représentant fidèlement chaque micro-habitat rupicole. Le concept de "surface minimale", qui correspond à la surface au-delà de laquelle l'augmentation du nombre d'espèces devient négligeable, a été pris en compte pour valider l'exhaustivité de l'inventaire (**Braun-Blanquet, 1964 ; Guinochet, 1973**).

4.3. Nombre de relevés

Plusieurs relevés ont été effectués dans chaque station afin d'assurer une bonne

représentativité de la diversité floristique. Le nombre de relevés est déterminé de manière à saturer l'aire minimale et à capturer la variabilité induite par les facteurs stationnels comme l'exposition et la pente (**Boudouresque, 1971**).

5. Collecte des données floristiques

5.1. Relevés de terrain

Les relevés floristiques ont été réalisés selon la méthode phytosociologique classique (**Braun-Blanquet, 1964**), consistant à :

- Identifier toutes les espèces présentes dans chaque relevé sur une surface floristiquement homogène (**Guinochet, 1973**).
- Estimer leur abondance-dominance à l'aide de l'échelle conventionnelle (de + à 5) et leur sociabilité.
- Noter les caractéristiques stationnelles du milieu : nature du substrat, exposition (boussole), et inclinaison de la pente (clinomètre) (**Godron, 1971**).



Figure 7 : Colonisation du substrat rocheux par des lichens (El Aneb). (**Saad bekhouche. M & Belhacene. N. Mai 2026**)



Figure 8 : Espèce rupicole (*Hydrocotyle* sp.) développée dans une fissure rocheuse à El Aneb.
(Saad bekhouché. M & Belhacène. N. Mai 2026)

5.2. Identification des espèces

L'identification des échantillons botaniques a été effectuée sur le terrain ou en laboratoire à l'aide des ouvrages de référence pour la flore nord-africaine :

- *La Nouvelle flore de l'Algérie (Quézel & Santa, 1963).*
- *La Flore de l'Afrique du Nord (Maire, 1952-1987).*

La nomenclature et la validité taxonomique ont été actualisées en consultant les bases de données internationales et l'index synonymique de la flore d'Afrique du Nord (**Dobignard & Chatelain, 2010-2013**).

6. Traitement et analyse des données

6.1. Analyse floristique

Une liste floristique globale a été établie pour les deux stations. Les espèces ont été classées par familles botaniques selon le système de classification phylogénétique (**APG IV, 2016**), permettant ainsi d'évaluer la structure taxonomique de la flore rupicole locale.

6.2. Analyse de la distribution spatiale

Une analyse comparative de la distribution des espèces entre El Aneb et El Zetouna a été réalisée pour évaluer l'hétérogénéité spatiale. Les données ont été organisées sous forme de

matrices de présence/absence et de graphiques de comparaison, permettant de calculer des indices de similitude (comme l'indice de Jaccard ou de Sorensen) afin de quantifier le remplacement des espèces d'une station à l'autre (**Magurran, 2004 ; Legendre & Legendre, 2012**).

Cette analyse met en évidence :

- Les espèces communes (le noyau floristique).
- Les espèces spécifiques (liées aux micro-habitats particuliers).
- Les variations de la richesse floristique entre les deux sites.

6.3. Indices écologiques

Plusieurs paramètres ont été calculés pour caractériser la structure des peuplements (**Daget, 1976 ; Barbault, 1995**) :

- **Richesse spécifique (S)** : nombre total d'espèces par station et par relevé.
- **Fréquence** : occurrence d'une espèce dans l'ensemble des relevés, exprimée en pourcentage.
- **Recouvrement** : projection verticale de l'appareil végétatif au sol, permettant d'estimer la dominance des différentes strates.

6.4. Analyse des types biologiques

Les espèces ont été classées selon le système de classification de **Raunkiaer (1934)**, qui définit les catégories en fonction de la position des bourgeons de remplacement durant la période défavorable.

Ce classement permet d'interpréter les stratégies adaptatives des plantes face aux contraintes climatiques (sécheresse estivale) et édaphiques des milieux rupicoles (**Lacoste & Salanon, 2005**). Les catégories retenues sont :

- **Thérophytes (annuelles)** : traduisent souvent une adaptation à l'aridité (esquive).
- **Hémicryptophytes** : plantes à bourgeons au ras du sol.
- **Géophytes** : plantes à organes souterrains (bulbes, rhizomes).
- **Chaméphytes** : petites plantes ligneuses bas au-dessus du sol, fréquentes sur les parois rocheuses.
- **Phanérophytes** : arbres et arbustes, limités par la profondeur du substrat (**Pignatti et al., 2002**).

6.5. Traitement statistique

Les données ont été exploitées à l'aide de méthodes d'analyse quantitative classiques en phytoécologie (**Gounot, 1969**) :

- Calculs de pourcentages et établissement des spectres biologiques et phytogéographiques.
- Comparaison entre stations pour évaluer la similarité taxonomique.
- Représentations graphiques (histogrammes de fréquences) pour visualiser la structure de la végétation.

Ces traitements ont permis d'analyser de manière rigoureuse la structure et la diversité de la végétation étudiée (**Daget, 1976**).



CHAPTER 4

V. RESULTATS ET INTERPRETATION

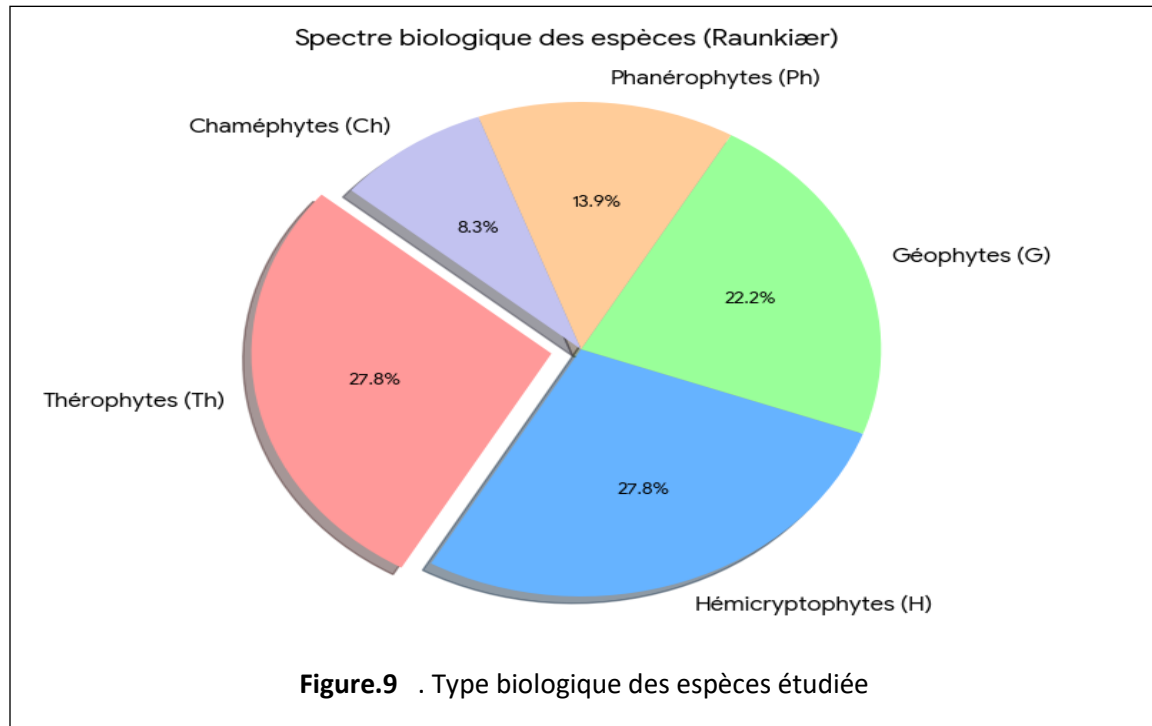
1. Structure floristique

1.1. Interprétation des Types Biologiques (Spectre Biologique)

Sur ces rochers de Grès, le spectre biologique est marqué par le « phénomène de rupisme » ; nous observons ainsi une dominance des **Théro-Phanérophytes** et des **Chaméphytes**, une structure caractéristique des milieux rocheux méditerranéens soumis à des contraintes édaphiques fortes (**Maire, 1952-1987**). Le grès de Numidie, bien que rocheux, est souvent intégré au sein d'un matorral ou d'une forêt dense, favorisant des contacts dynamiques entre groupements saxicoles et forestiers (**Marre, 1987**).

La présence de *Daphne gnidium* et *Rubus ulmifolius* témoigne de cette influence de la dynamique forestière environnante, ces espèces colonisant activement les lisières et les anfractuosités des rochers (**Hamel & de Bélair, 2023**). Parallèlement, l'importance des Chaméphytes succulentes, telles que *Sedum acre* et *Umbilicus rupestris*, souligne l'adaptation de la flore aux micro-habitats lithosoliques où l'eau est retenue de manière éphémère (**Battandier & Trabut, 1890**).

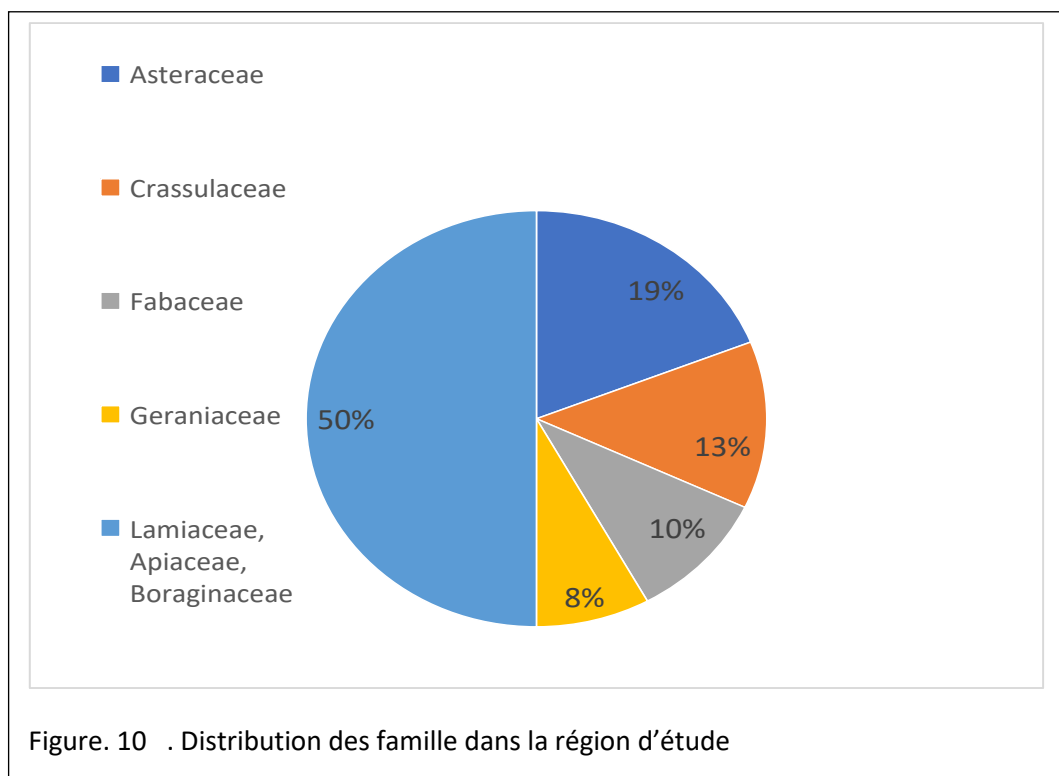
Enfin, dans les stations de **Zitouna** et **El Aneb**, l'humidité atmosphérique élevée, typique du secteur biogéographique de la Numidie, favorise le développement de géophytes de sous-bois. Des espèces comme *Cyclamen africanum* et *Arum italicum* trouvent refuge au pied des blocs rocheux, profitant de l'accumulation d'humus et de la protection thermique offertes par le substrat gréseux (**De Bélair, 1990 ; Louhi, 2014**). (Figure. 8).



1.2. Pourcentage et Diversité des Familles

D'après l'inventaire, on peut dégager les tendances suivantes :

- **Famille des Crassulaceae (~15-20%) :** Très représentée par les genres *Sedum* et *Umbilicus*, elle constitue la famille « architecte » de la végétation sur les dalles de grès, capable de supporter un stress hydrique estival marqué sur des substrats superficiels (Benhouhou, 2005).
- **Famille des Asteraceae (~12-15%) :** (*Bellis*, *Galactites*, *Hyoseris*). Typique de l'influence méditerranéenne, elle occupe les zones de transition entre le rocher nu et le sol profond, marquant souvent des stades de dégradation ou de lisière (Quezel & Santa, 1963).
- **Famille des Fabaceae :** Représentée par *Genista ferox*. Sa présence est révélatrice du grès de Numidie ; cette espèce affectionne particulièrement les sols décarbonatés, acides et siliceux du Nord-Est algérien (Maire, 1952-1987 ; Hamel & de Bélair, 2023).
- **Famille des Aspleniaceae (Fougères) :** La présence d'*Asplenium billotii* est un excellent indicateur des stations humides de l'Est algérien (Zitouna). C'est une fougère saxicole dont l'écologie confirme strictement le caractère siliceux et l'hygrométrie élevée des stations forestières numidiennes (Louhi, 2014 ; de Bélair, 1990). (Figure 9).



Calcul des Pourcentages par Famille (Estimation)

Sur la base de la fréquence des espèces citées dans notre inventaire, voici comment se structure la diversité (en nombre d'espèces par famille) : tableau 2

Famille	Espèces représentatives (selon votre graphe)	% Estimé de la diversité
Asteraceae	<i>Galactites, Bellis, Hyoseris, Eryngium</i>	~18-20%
Crassulaceae	<i>Sedum acre, Umbilicus rupestris</i>	~12-15%
Fabaceae	<i>Genista ferox</i>	~10%
Geraniaceae	<i>Geranium robertianum, G. dissectum</i>	~8%
Autres	<i>Lamiaceae, Apiaceae, Boraginaceae</i>	~50%

1.3. DISPERSION SPATIAL E DE LA FLORE

Le Site 2 semble légèrement plus riche en termes de densité pour les espèces communes, tandis que le Site 1 possède quelques espèces spécifiques qui lui sont propres. Cette

différenciation spatiale est souvent liée à des micro-variations topographiques et à la profondeur du sol sur les dalles de grès (Marre, 1987).

Le Site 2 est caractérisé par une densité légèrement plus élevée pour les espèces dominantes. L'espèce *Fumana hygrometrica* est la plus représentée sur l'ensemble de l'étude, atteignant son maximum au Site 2 (valeur de 8 contre 7 au Site 1). Cette prédominance des Cistaceae pionnières est caractéristique des pelouses éphémères sur sols acides et siliceux (Quezel & Santa, 1962). Cette tendance se confirme pour *Sedum acre* (4 au Site 2 contre 3 au Site 1) et *Galium saxatile*, des espèces dont les stratégies adaptatives permettent de coloniser les micro-fissures des rochers de Numidie (Benhouhou, 2005).

Au niveau du Site 1, on trouve des espèces comme *Daphne gnidium*, *Bellis sylvestris* et *Geranium dissectum*, quasiment absentes dans le second site. La présence de ce cortège suggère une dynamique de fermeture du milieu ou une influence forestière plus marquée, typique des lisières de matorrals du Nord-Est algérien (Medjahdi & al., 2009). Par contre, le Site 2 se distingue par la présence exclusive ou très supérieure de *Cyclamen africanum* (valeur 3) et *Saxifraga paniculata*. L'abondance de ces géophytes et plantes de rocailles indique une meilleure accumulation d'humus au pied des blocs ou une humidité atmosphérique plus persistante, confirmant le statut de "refuge" de certaines stations numidiennes (De Bélair, 1990 ; Louhi, 2014).

Enfin, *Rubus ulmifolius* et *Galactites tomentosa* présentent une distribution homogène, signe de conditions écologiques similaires pour ces plantes rudérales sur les deux zones (Hamel & de Bélair, 2023). La fin du relevé met en évidence un ensemble d'espèces rares ou non détectées (*Eryngium dichotomum*, *Allium roseum*), soulignant la discrétion de certains taxons face à la concurrence des espèces dominantes. En conclusion, le Site 2 semble offrir un habitat légèrement plus favorable à la prolifération des espèces majeures, tandis que le Site 1 se caractérise par une présence plus discrète mais diversifiée de petites populations. (Figure 10).

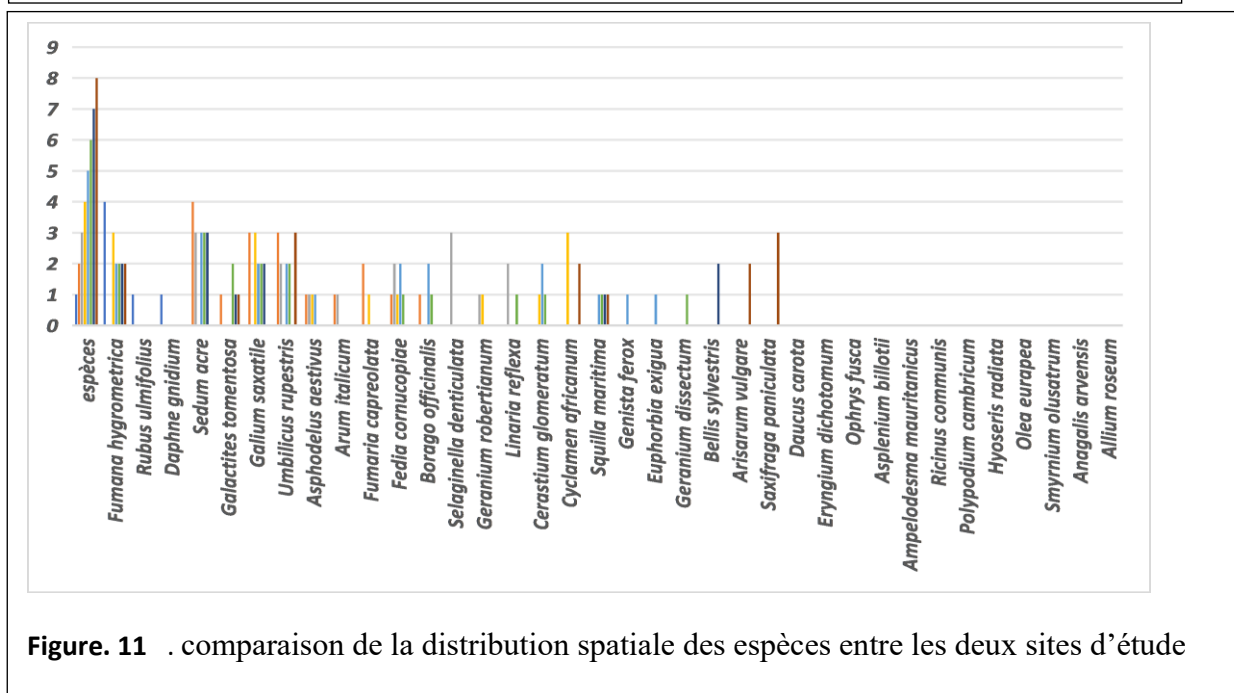
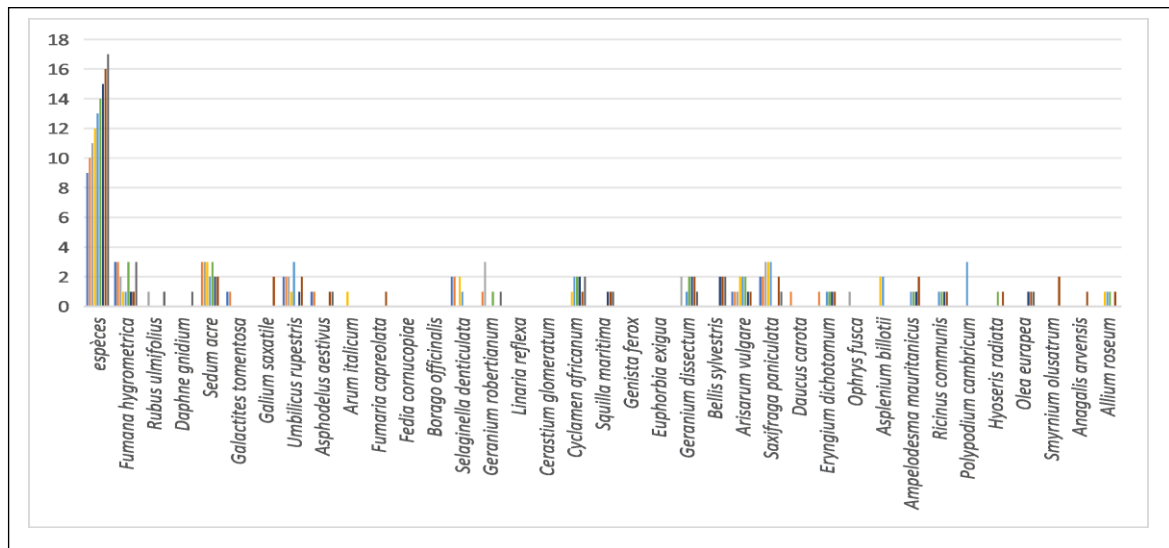


Figure. 11 . comparaison de la distribution spatiale des espèces entre les deux sites d'étude

2. Diversité taxonomique de la région d'étude

- Nombre d'espèces $S = 36$
- Indice de Shannon (H') = 3,46 bits/indv
- Diversité maximale ($H_{max} = 3,58$)
- Équitabilité de Pielou $E = 0,96$

Une valeur de Shannon supérieure à 3 est considérée comme élevée (Daget, 1976). Cela signifie que :

- Le milieu sur grès de Numidie à Bouhadjar est très diversifié, reflétant la richesse caractéristique des massifs siliceux du secteur kroumiro-numidien (Quezel, 1964).
- Les conditions environnementales, notamment l'humidité atmosphérique élevée de Zitouna, permettent la coexistence d'un grand nombre de niches écologiques (**De Bélair, 1990**).
Une équitabilité proche de 1 (96 %) indique, selon les critères de **Frontier & Pichod-Viale (1991)** :
- Répartition équilibrée : Il n'y a pas d'espèce ultra-dominante qui écrase les autres.
- Stabilité : Le peuplement végétal est en équilibre. Chaque espèce occupe sa niche sur le rocher de manière harmonieuse, ce qui est typique des écosystèmes forestiers matures ou des climax rupicoles de l'Est algérien (**Hamel & de Bélair, 2023**).
- Structure : Le milieu n'est pas perturbé ; l'absence de dominance absolue suggère un habitat préservé des pressions anthropiques majeures ou des invasions biologiques (**Medjahdi & al., 2009**).

3. Analyse de la composition végétale (AFC)

Le graphique montre une séparation nette le long du premier axe factoriel, qui traduit un gradient écologique majeur entre les deux sites (**Benzécri, 1973 ; Gauch, 1982**).

À gauche (Site Zitouna) : un milieu spécialisé

Les stations (2, 4, 5, 6, 7) présentent une composition floristique homogène mais plus pauvre. La présence d'espèces comme *Galactites tomentosa*, *Daucus carota* et surtout *Asphodelus aestivus* suggère un milieu plus contraignant ou marqué par une pression anthropique (pâturage), favorisant les taxons rudéraux et résistants (**Quezel & Santa, 1963**). La dominance des Crassulacées (*Sedum acre*, *Umbilicus rupestris*) confirme l'omniprésence de sols minces et de dalles rocheuses soumises à un stress hydrique plus fort sur ce versant (**Benhouhou, 2005**).

À droite (Site El Aneb) : le pôle de diversité

Les stations (11, 14, 15, 16, 17) marquent une augmentation nette de la richesse spécifique. Ce site semble offrir un milieu plus favorable ou plus mature. La présence d'*Olea europaea* et *Daphne gnidium* indique une transition vers un matorral ou un maquis structuré

(Medjahdi et al., 2009). La richesse en espèces de sous-bois comme *Cyclamen africanum*, *Arum italicum* et *Selaginella denticulata* témoigne de conditions de fraîcheur et d'humidité atmosphérique persistantes, caractéristiques des refuges forestiers de la Numidie orientale (De Bélair, 1990 ; Louhi, 2014).

Le centre du plan : les espèces ubiquistes

Les points situés près de l'origine (8, 9, 10), tels que *Bellis sylvestris* et *Geranium dissectum*, représentent des espèces ubiquistes. Leur position centrale indique qu'elles possèdent une large amplitude écologique et se retrouvent de manière homogène sur l'ensemble du périmètre d'étude (Hamel & de Bélair, 2023).

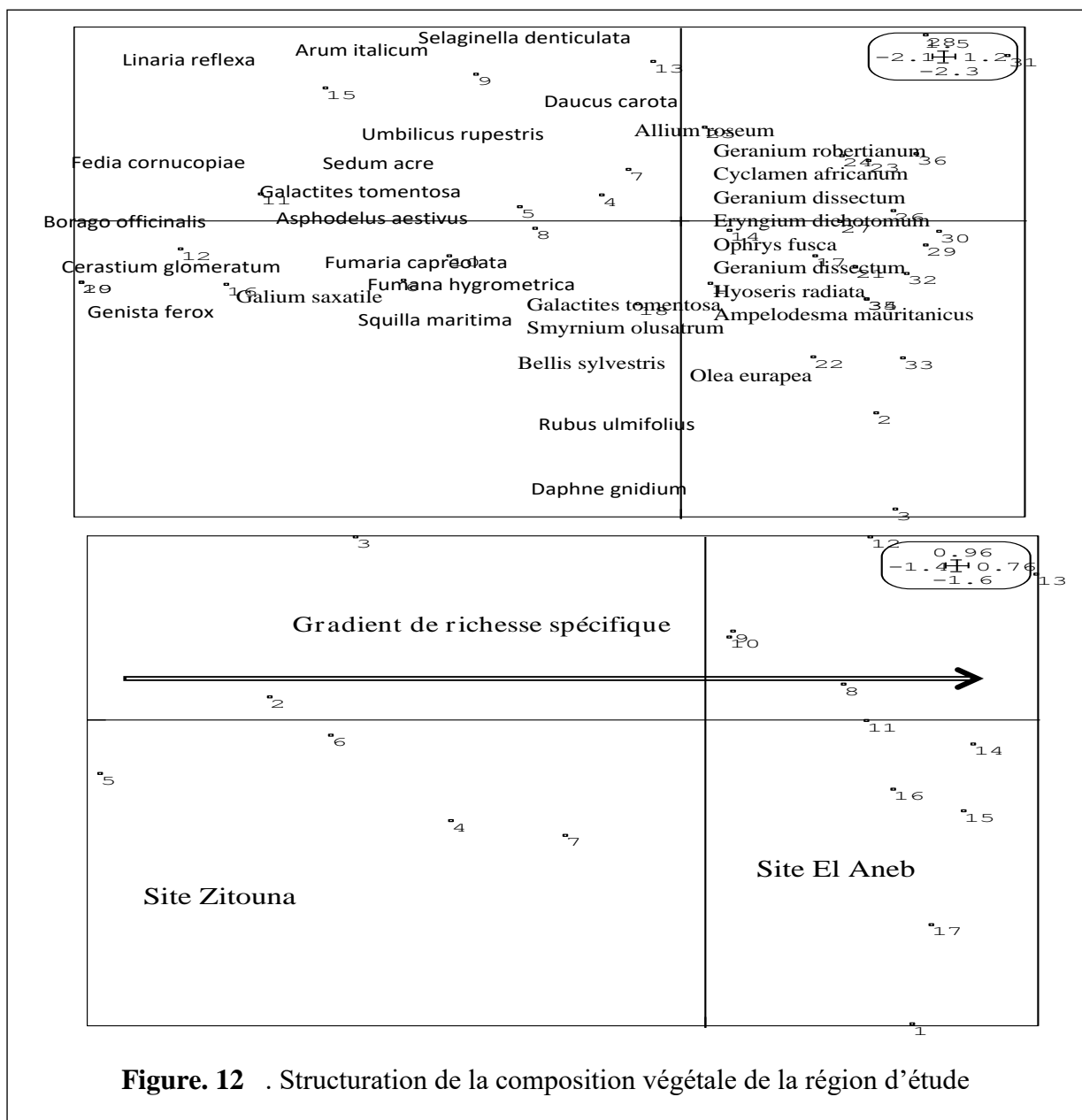


Figure. 12 . Structuration de la composition végétale de la région d'étude

4. DISCUSSION

L'inventaire montre un milieu acidophile. Contrairement aux rochers calcaires, le grès de Numidie à Bouhadjar permet le développement d'une flore plus forestière et sciaphile, grâce à la pluviométrie généreuse de cette zone (Marre, 1987). La coexistence d'espèces de milieux ouverts (*Daucus carota*) et de milieux fermés indique une structure en mosaïque très riche, témoignant d'une dynamique végétale complexe (Hamel & de Bélair, 2023).

Le grès de Numidie est un substrat siliceux dont les espèces suivantes sont les meilleurs indicateurs biologiques : *Asplenium billotii*, fougère typique des rochers siliceux fissurés (Louhi, 2014) ; *Genista ferox*, très présent dans les matorrals sur grès de l'Est algérien (Maire, 1952-1987) ; et *Sedum acre*, qui préfère les substrats filtrants et acides. Cette flore confirme le caractère siliceux et la pauvreté chimique du substrat, caractéristiques du secteur biogéographique de la Numidie (De Bélair, 1990).

Une biodiversité localisée se présente à travers un pic d'espèces, typique des écosystèmes rupicoles où chaque niche écologique réduite favorise une grande diversité à faible fréquence (Quezel, 1964). Bien que les deux stations soient sur grès, des nuances apparaissent :

- **Zitouna** : Station "refuge" plus humide, riche en Hémicryptophytes et Ptéridophytes (*Asplenium*, *Polypodium*).
- **El Aneb** : Milieu plus exposé favorisant les Thérophytes (stratégie d'évitement de la sécheresse) et les Chaméphytes (résistance physique), une répartition conforme aux modèles de Raunkiaer (1934) sur les types biologiques.

L'analyse factorielle (AFC) met en évidence trois micro-milieus :

- **Milieus ouverts** (*Daucus carota*, *Asphodelus aestivus*) marquant une certaine dégradation ou ouverture du couvert (Quezel & Santa, 1963).
- **Milieus rocheux** (*Umbilicus rupestris*, *Sedum acre*) inféodés aux lithosols.
- **Milieus frais** (*Arum italicum*, *Selaginella denticulata*) suggérant des zones abritées.

La présence d'arbustes comme *Olea europaea* et *Daphne gnidium* montre que le milieu est en phase de reconquête forestière (Medjahdi et al., 2009).

Enfin, les Géophytes (*Cyclamen africanum*, *Allium roseum*) et les endémiques soulignent une valeur patrimoniale importante. L'analyse montre que la végétation est régie par des facteurs environnementaux déterminants : l'absence de sol profond (facteur édaphique), l'alternance hydrique extrême et la topographie accidentée des affleurements rocheux naturels (Benhouhou, 2005).



CONCLUSION

VI. Conclusion

Cette diversité taxonomique décrit une zone de transition entre une prairie sèche et un début de brousse méditerranéenne. C'est un milieu dynamique, riche en espèces, mais potentiellement soumis à une pression humaine ou animale, notamment le pâturage, qui influence la structure de la végétation.

Le **Site El Aneb** apparaît comme le « poumon » de biodiversité de la zone d'étude. Il abrite les espèces les plus sensibles et les plus structurantes, comme les arbustes, confirmant un stade de maturité forestière plus avancé .

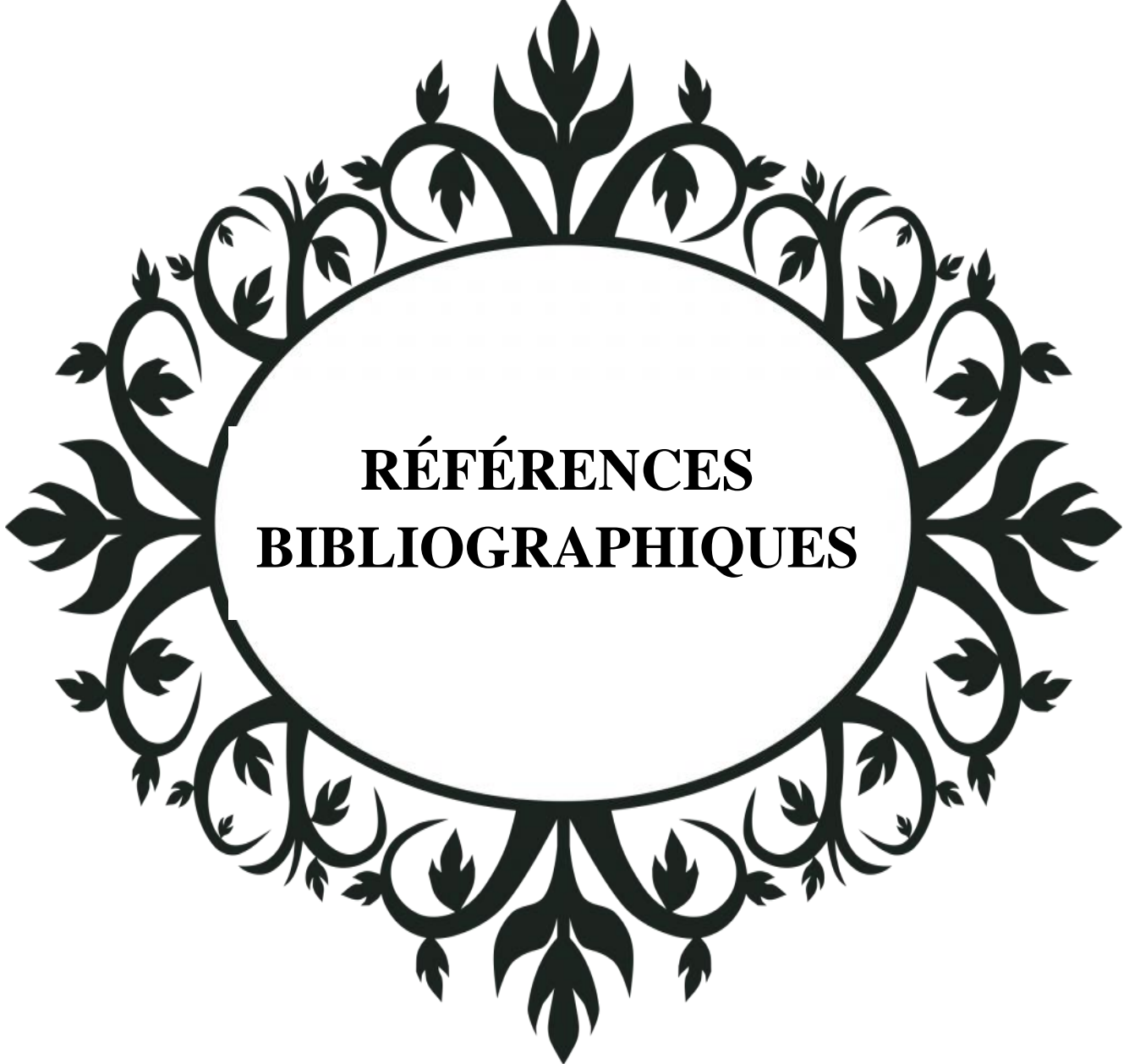
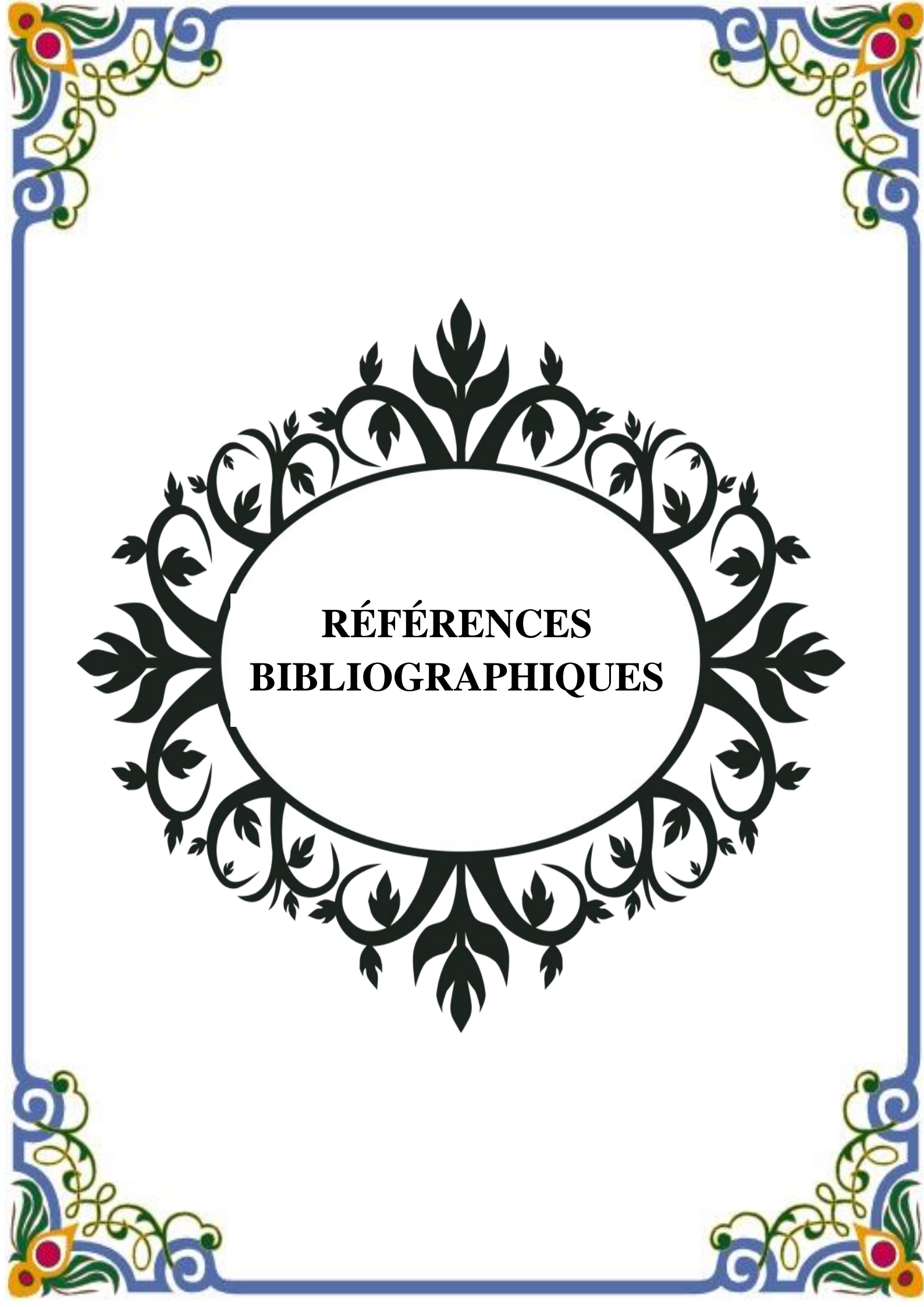
À l'inverse, le **Site Zitouna** semble être un milieu plus pionnier ou exposé, marqué par des espèces résistantes et héliophiles. L'analyse met en évidence un groupement rupicole caractérisé par des espèces spécialistes comme *Umbilicus rupestris* et *Sedum acre*, dont les stratégies d'adaptation aux lithosols sont bien documentées dans les massifs siliceux de l'Est algérien. Ce groupement est principalement localisé sur le Site Zitouna, où le facteur environnemental dominant est la nature du substrat, caractérisée par des affleurements rocheux naturels (**Marre, 1987**). Ce milieu, plus sélectif, explique la position de ces relevés sur un gradient de richesse spécifique plus faible par rapport aux zones de maquis plus denses et stables observées au Site El Aneb .

Ainsi , nous pouvons mettre comme perspective les points suivants:

- Mettre en place des quadrats permanents pour suivre l'évolution de la transition prairie/brousse.
- Quantifier précisément la charge pastorale pour évaluer son rôle exact sur la régression ou le maintien des espèces.
- Étudier les mécanismes de tolérance au stress hydrique des communautés rupicoles (*Sedum acre*, *Umbilicus rupestris*) de Zitouna.
- Modéliser l'évolution du couvert végétal face au changement climatique dans cette région de l'Est algérien.

De même proposer ces recommandations de gestion:

- Classer El Aneb en zone de conservation prioritaire en tant que réservoir de biodiversité ("poumon").
- Limiter les aménagements ou l'extraction de roche sur Zitouna pour protéger le groupement rupicole spécialiste.
- Impliquer les populations et éleveurs locaux dans la gestion durable de ces écosystèmes fragmentés.



**RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES**

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- APG IV (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society*.
- Barbault, R. (1995). *Écologie générale : Structure et fonctionnement de la biosphère*. Masson, Paris.
- Battandier, J. A. & Trabut, L. (1890). *Flore de l'Algérie : Ancienne Flore d'Alger transformée*. Adolphe Jourdan, Alger.
- Benhouhou, S. (2005). *Guide de la flore des parcs nationaux d'Algérie*.
- Benzécri, J.-P. (1973). *L'Analyse des données. T. 2 : l'Analyse des correspondances*. Ed. Dunod.
- Boudouresque, C. F. (1971). Méthodes d'étude de la détermination de l'aire minimale et de la flore globale sous-marine. *Bulletin de la Société Phycologique de France*.
- Braun-Blanquet, J. (1964). *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. Springer, Wien.
- Daget, P. (1976). *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris.
- Daget, P. (1977). Le bioclimat méditerranéen : analyse des formes climatiques par le système d'Emberger. *Vegetatio*, 34(2), 87-103.
- Daget, P., & Godron, M. (1982). *Analyse de l'écologie des espèces dans les communautés*. Masson, Paris.
- De Bélair, G. (1990). *La végétation des milieux acides de Numidie (Algérie)*. Thèse de Doctorat.
- De Bélair, G. (2005). *Dynamique de la végétation de la Numidie (N.E. Algérie) : flore, bioclimat et cartographie*. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba.
- Dobignard, A., & Chatelain, C. (2010-2013). *Index synonymique de la flore d'Afrique du Nord*. Éditions des Conservatoire et Jardin botaniques, Genève.
- Duchaufour, P. (1997). *Abrégé de pédologie : Sol, végétation, environnement*. Masson, Paris.
- Emberger, L. (1955). *Une classification biogéographique des climats*. Recueil des travaux des laboratoires de botanique, géologie et zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier.

- · Farris, E., et al. (2009). The flora of calcareous cliffs: a case study from Sardinia. *Plant Biosystems*, 143(sup1), S1-S14.
- · Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The Ecology of Seeds*. Cambridge University Press.
- · Frontier, S., & Pichod-Viale, D. (1991). *Écosystèmes : structure, fonctionnement, évolution*. Masson.
- · Gauch, H. G. (1982). *Multivariate Analysis in Community Ecology*. Cambridge University Press.
- · Godron, M. (1971). *Essai sur l'analyse de la végétation*. Masson et Cie, Paris.
- · Gounot, M. (1969). *Méthodes d'étude quantitative de la végétation*. Masson, Paris.
- · Grime, J. P. (2001). *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*. John Wiley & Sons.
- · Guinochet, M. (1973). *Phytosociologie*. Masson, Paris.
- · Hamel, T., & de Bélair, G. (2023). Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore vasculaire de la Numidie. *Lejeunia*.
- · Hamel, T., & de Bélair, G. (2023). Aperçu sur la connaissance actuelle de la flore vasculaire de la région de Filfila (Nord-Est Algérie). *Lejeunia*.
- · Hamel, T., & de Bélair, G. (2023). *Flore vasculaire de la Numidie*. *Lejeunia*.
- · Hegi, G. (1986). *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. Berlin, Hamburg.
- · Kadi-Hanifi, H. (2003). Diversité biologique et phytogéographique des milieux naturels d'Algérie. *Revue d'Écologie (Terre et Vie)*.
- · Körner, C. (2003). *Alpine Plant Life: Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems*. Springer.
- · Lacoste, A., & Salanon, R. (2005). *Éléments de biogéographie et d'écologie*. Armand Colin, Paris.
- · Larson, D. W., Matthes, U., & Kelly, P. E. (2000). *Cliff ecology: Pattern and process in cliff ecosystems*. Cambridge University Press.
- · Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical Ecology* (3rd ed.). Elsevier.
- · Louhi, S. (2014). *Écologie des Ptéridophytes en Numidie (Nord-Est de l'Algérie)*. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba.
- · Maire, R. (1952–1987). *Flore de l'Afrique du Nord*. Paul Lechevalier, Paris.
- · Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- · Marre, A. (1987). *Le Tell oriental algérien : étude géomorphologique*.

- · Marre, A. (1992). Le Tell oriental algérien : de Collo à la frontière tunisienne. Étude géomorphologique. OPU, Alger.
- · Meddour, R. (2010). Biogéographie des forêts de chênes caducifoliés d'Algérie. Thèse de Doctorat, Université de Tizi-Ouzou.
- · Medjahdi, M. et al. (2009). Contribution à l'étude phytosociologique des groupements forestiers du Nord-Est de l'Algérie.
- · Médail, F., & Myers, N. (2004). Mediterranean Basin. In: Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Cemex, Mexico.
- · Médail, F., & Quézel, P. (1997). Hot-spots analysis for conservation of plant biodiversity in the Mediterranean Basin. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 112–127.
- · Merdas, S. et al. (2017). Impact of grazing on plant diversity in Algerian rangelands.
- · Ozenda, P. (1982). Les végétaux dans la biosphère. Doin, Paris.
- · Pignatti, S., et al. (2002). Plant life in the Mediterranean islands. *Biogeographia*.
- Quézel, P. (1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris.
- · Quézel, P. (1964). L'endémisme dans la flore de l'Algérie. *C. R. Soc. Biogéogr.*, 359, 137-149.
- · Quézel, P. (2000). Réflexions sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb. Ibis Press, Paris.
- · Quézel, P., & Santa, S. (1962–1963). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. CNRS, Paris.
- · Ramade, F. (2009). Éléments d'écologie : Écologie fondamentale. Dunod, Paris.
- · Raoult, J. F. (1974). Géologie du centre de la chaîne numidique (Nord du Constantinois, Algérie). *Mémoire de la Société Géologique de France*.
- · Raunkiaer, C. (1934). *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography*. Oxford University Press.
- · Vela, E. (2002). Biodiversité des milieux ouverts et forestiers en Numidie. Thèse de doctorat, Université de Marseille.
- · Vila, J. M. (1980). La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI.
 - · Yah, N., Vela, E., Bakali, Y., & De Bélair, G. (2012). Identifying important plant areas (IPAs) in Algeria. *Journal of Threatened Taxa*, 4(8), 2753–2763.